

CLIPPEDIMAGE= JP411055320A

PAT-NO: JP411055320A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11055320 A

TITLE: OPTIC/ELECTRIC COMPOSITE PACKET SWITCH

PUBN-DATE: February 26, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

OKUGAWA, TORU

YAMADA, YOSHIRO

HABARA, TAKASHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP09213572

APPL-DATE: August 7, 1997

INT-CL (IPC): H04L012/56;H04B010/02 ;H04Q003/52 ;H04Q003/52  
;H04Q011/04

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optic/electric composite packet switch for which it is not necessary to provide an optical buffer with a large capacity.

SOLUTION: Inputs from N pieces of input ports 1 are transmitted to an intermediate output group port 3 including a desired output port by an optical routing element 2. This output signal is inputted to an optical buffer part BF1, and controlled so that more than a certain number of outputs can not be simultaneously generated. At first, (L+1) pieces of duplication is prepared by an optical demultiplexing element 4, and transmitted to an optical fiber delay

line group 5 having optical fiber delay lines with different length, and a proper optical gate 6 is turned on so that the signal can pass through this gate 6. Only the signal group of the selected line is supplied to an optical multiplexing element 7, and (m) pieces of duplication is prepared by an optical demultiplexing element 8. Only a signal with a desired optical frequency carrier is extracted by a high speed optical frequency variation selecting filter 9, and converted into an electric signal by an optic/electric converting device 10. Thus, rough routing until an  $(N/g)$  pieces of output port group among desired routing is operated, and the residual detail routing is operated by an electric packet switch 11, and the data are outputted to output ports 12.

COPYRIGHT: (C)1999, JPO

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-55320

(43)公開日 平成11年(1999)2月26日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup> 識別記号  
H 04 L 12/56  
H 04 B 10/02  
H 04 Q 3/52  
101  
11/04

F I  
H 04 L 11/20  
H 04 Q 3/52  
H 04 B 9/00  
H 04 Q 11/04  
102Z  
C  
101B  
T  
R

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全8頁)

(21)出願番号 特願平9-213572

(22)出願日 平成9年(1997)8月7日

(71)出願人 000004226  
日本電信電話株式会社  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72)発明者 奥川 徹  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72)発明者 山田 義朗  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72)発明者 葉原 敬士  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

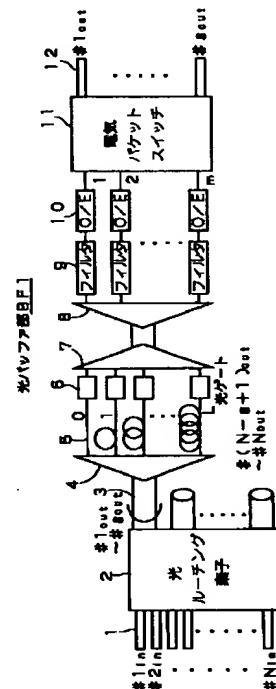
(74)代理人 弁理士 志賀 正武

(54)【発明の名称】光電気複合パケットスイッチ

(57)【要約】

【課題】大容量の光バッファを必要としない光電気複合パケットスイッチを提供する。

【解決手段】光ルーティング素子2でN個の入力ポート1からの入力を所望の出力ポートを含む中間出力群ポート3へ送出する。この出力信号を光バッファ部BF1に入れて、同時にある一定数以上出力しないように制御する。まず、光分配素子4で(L+1)個の複製を作つて異なる長さの光ファイバ遅延線を持つ光ファイバ遅延線群5へ送出し、適当な光ゲート6をオンにして信号を通す。選択された回線の信号群だけを光合流素子7へ供給し、光分配素子8でm個の複製を作る。高速光周波数可変選択フィルタ9で所望の光周波数キャリアの信号だけを取り出して光電気変換装置10で電気信号に変換する。以上で所望のルーティングのうちの(N/g)本の出力ポート群までの粗いルーティングが行われ、残りの詳細なルーティングを電気パケットスイッチ11で行って出力ポート12へ送出する。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 最大N (Nは自然数)まで同時に入力される入力パケットをそれぞれ任意の出力線へスイッチングするパケットスイッチにおいて、  
 $g$  ( $g$ は $0 < g < N$ なる整数)本ずつ任意にまとめられた出力線群のうちの所望の出力線群へ前記入力パケットを多重化して送出する光ルーチング手段と、  
 前記出力線群毎に設けられ、前記光ルーチング手段からの最大N多重のパケットを蓄積したのちに複製を作成して最大m ( $m$ は $0 < m < N$ なる整数)個のパケットを取り出すことで、ある1タイムスロットにおいて同時出力を要求されるパケット数がmを越える場合に、出力すべきパケットである有効パケットの同時送出数をm以下として逐次送出する光バッファ手段と、  
 前記出力線群毎に設けられ、前記光バッファ手段から最大mまで同時に送出されるパケットを入力し、前記任意の出力線のうちのg本の出力線にルーチングして、g本の出力から同時に最大1パケットずつ送出する電気ルーチング手段とを具備することを特徴とする光電気複合パケットスイッチ。

【請求項2】 最大N (Nは自然数)まで同時に入力される入力パケットをそれぞれ任意の出力線へスイッチングするパケットスイッチにおいて、  
 $g$  ( $g$ は $0 < g < N$ なる整数)本ずつ任意にまとめられた出力線群のうちの所望の出力線群へ前記入力パケットを多重化して送出する光ルーチング手段と、  
 前記出力線群毎に設けられ、前記光ルーチング手段からの最大N多重のパケットを複数のタイムスロットについて蓄積してこれらの中から最大m ( $m$ は $0 < m < N$ なる整数)個の所望のパケットを取り出すことで、出力すべきパケットである有効パケットが前記複数のタイムスロットにまたがって同時に送出される数をm以下として逐次送出する光バッファ手段と、  
 前記出力線群毎に設けられ、前記光バッファ手段から最大mまで同時に送出されるパケットを入力し、前記任意の出力線のうちのg本の出力線にルーチングして、g本の出力から同時に最大1パケットずつ送出する電気ルーチング手段とを具備することを特徴とする光電気複合パケットスイッチ。

【請求項3】 前記光ルーチング手段は、所望の出力線群のみに前記入力パケットを送出することを特徴とする請求項1又は2記載の光電気複合パケットスイッチ。

【請求項4】 前記光ルーチング手段は、所望の出力線群を含む出力線群へ前記入力パケットを送出し、該所望の出力線群において前記光バッファ手段へ送出すべきパケットを選択することを特徴とする請求項1又は2記載の光電気複合パケットスイッチ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、高速・大容量なパ

2

ケットスイッチの構成に関し、特に、光による簡略化されたルーチング・競合制御と電気のパケットスイッチによる詳細なルーチング・競合制御とを組み合わせた光電気複合パケットスイッチに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来の技術のような電気による单一のパケットスイッチでは、扱うことのできる単位時間あたりのパケット数(スループット)に限界がある。すなわち、素子の動作速度や信号伝達遅延、発熱等から決まる信号速度やスイッチ規模の上限などによる限界である。そうしたことから、ある規模の電気パケットスイッチを多段に組み合わせて大きなスループットを得る方法が開発されているが、この場合においても、スイッチ間相互を接続するための配線量等が性能を制限する要因となってくる。そこで、本質的に電気よりも高速な信号を扱える光パケットスイッチを用いてスループットの向上を目指す研究開発がなされており、これに関する技術が例えば特願平6-112769号に開示されている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 以上のように、電気によるパケットスイッチの限界を打破するために、光によるパケットスイッチが提案されてはいる。しかしながら、光による信号の保持および論理処理、特にパケットの競合制御に用いる光バッファの大容量集積化はまだ実現が困難である。本発明は上記の点に鑑みてなされたものであり、その目的は、上述したような大容量の光バッファを必要としない光電気複合パケットスイッチを提供することにある。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】 以上の課題を解決するために、請求項1記載の発明は、最大N (Nは自然数)まで同時に入力される入力パケットをそれぞれ任意の出力線へスイッチングするパケットスイッチにおいて、 $g$  ( $g$ は $0 < g < N$ なる整数)本ずつ任意にまとめられた出力線群のうちの所望の出力線群へ前記入力パケットを多重化して送出する光ルーチング手段と、前記出力線群毎に設けられ、前記光ルーチング手段からの最大N多重のパケットを蓄積したのちに複製を作成して最大m ( $m$ は $0 < m < N$ なる整数)個のパケットを取り出すことで、ある1タイムスロットにおいて同時出力を要求されるパケット数がmを越える場合に、出力すべきパケットである有効パケットの同時送出数をm以下として逐次送出する光バッファ手段と、前記出力線群毎に設けられ、前記光バッファ手段から最大mまで同時に送出されるパケットを入力し、前記任意の出力線のうちのg本の出力線にルーチングして、g本の出力から同時に最大1パケットずつ送出する電気ルーチング手段とを具備することを特徴としている。

【0005】 また、請求項2記載の発明は、最大N (Nは自然数)まで同時に入力される入力パケットをそれぞ

3

れ任意の出力線へスイッチングするパケットスイッチにおいて、 $g$  ( $g$ は $0 < g < N$ なる整数) 本ずつ任意にまとめられた出力線群のうちの所望の出力線群へ前記入力パケットを多重化して送出する光ルーティング手段と、前記出力線群毎に設けられ、前記光ルーティング手段からの最大 $N$ 多重のパケットを複数のタイムスロットについて蓄積してこれらの中から最大 $m$  ( $m$ は $0 < m < N$ なる整数) 個の所望のパケットを取り出すことで、出力すべきパケットである有効パケットが前記複数のタイムスロットにまたがって同時送出される数を $m$ 以下として逐次送出する光バッファ手段と、前記出力線群毎に設けられ、前記光バッファ手段から最大 $m$ まで同時に送出されるパケットを入力し、前記任意の出力線のうちの $g$ 本の出力線にルーティングして、 $g$ 本の出力から同時に最大 $1$ パケットずつ送出する電気ルーティング手段とを具備することを特徴としている。

【0006】また、請求項3記載の発明は、請求項1又は2記載の発明において、前記光ルーティング手段は、所望の出力線群のみに前記入力パケットを送出することを特徴としている。また、請求項4記載の発明は、請求項1又は2記載の発明において、前記光ルーティング手段は、所望の出力線群を含む出力線群へ前記入力パケットを送出し、該所望の出力線群において前記光バッファ手段へ送出すべきパケットを選択することを特徴としている。

#### 【0007】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の一実施形態について説明する。まず初めに、本発明についてその概要を述べておく。「発明が解決しようとする課題」の欄において述べた通り、光パケットスイッチには大容量の光バッファが必要であるが、現在の技術レベルではその実現は困難である。この課題を解決するためには、大容量の光バッファを実現するための技術を開発するか、あるいは、大容量の光バッファを必要としない構成を開発するかの2通りの方法がある。本発明は後者の方法を採用したものである。

【0008】そして本発明では、光による簡略化されたルーティング及び競合制御、並びに、電気のパケットスイッチによる詳細なルーティング及び競合制御を組み合わせた構成をとる。これにより、大容量の光バッファを必要としない構成を実現し、以て上述した課題を克服するものである。

【0009】本発明によれば、パケットスイッチに入力される情報パケットは、まず光ルーティングによって希望する出力先ポートを含むある程度の数のポート群へ出力され、そのグループ内にあるパケット全体として競合制御が行われる。つまり、この段階では複数の出力ポート分をまとめて処理するために統計的な効果が生じ、必要とされる競合制御用バッファの量を削減できる。その後に、この複数の出力ポート分が、電気のパケットスイッ

4

チによって最終的な出力ポートへと送られ、競合制御がなされて出力される。ここで、光の処理でまとめて処理するポート数は、電気によるパケットスイッチで処理可能なスループット以下となるように設計する。以上により、既に多くの実績がある電気パケットスイッチを用いながら、全体としては大規模なスループットが得られるようになる。

#### 【0010】【第1実施形態】(請求項1に対応)

図1は本実施形態による光電気複合パケットスイッチの構成を示すブロック図であって、主に信号伝送路だけを示してあり、素子の制御回路等は示していない。さて図1において、 $N$  ( $N$ は自然数) 個の入力ポート1からの入力 (#1in, #2in, …, #Nin) は、光ルーティング素子2によって所望の出力ポートを含む ( $N/g$ ) 個 ( $g$ は $0 < g < N$ なる整数) の中間出力群ポート3へ送出される。ここで、光ルーティング素子2は $N$ 入力- ( $N/g$ ) 出力の光合流・分配素子である。また、中間出力群ポート3の1個の中間出力群ポートには、 $g$ 個の出力ポートに対応した出力 (#1out~#goutや#(N-g+1)out~#Noutなど) が送出される。なお、( $N/g$ ) が整数でない場合は ( $N/g$ ) 以上の最小の整数で置き換えるものとする。

【0011】光のルーティングには代表的には以下の3種類の方法があるが、本発明ではこれらの何れを用いてよい。

a. 入力ポートごとに異なる固定の光周波数キャリアへ信号を乗せ、光波長多重によって所望のポートを含む経路に信号を送出する方法。

b. 出力ポートと入力ポートの位置関係によって、それらを通すことのできる特定の光周波数が対応している機能素子 (アレイ導波路型回折格子等) を用い、ルーティング用の光周波数キャリアを選択してそれに信号を乗せて送出することで、所望の出力ポートにだけ送出する方法。

c. 出力ポートごとに異なる固定の光周波数フィルタを用意し、各入力ポートで所望の出力ポートに対応した光周波数キャリアに信号を乗せて送出する方法。

【0012】なお、図1ではこれらのうちの〈方法a〉を用いた場合を示してある。すなわち、光ルーティング素子2として $N$ 入力- ( $N/g$ ) 出力の光合流・分配素子を用い、すべての出力ポートへ信号を送った後に、必要なパケットだけを選択する方法である。この場合、 $N$ 入力の信号は光周波数多重されて全出力ポートに送られている。こうしたルーティング方法では、出力ポートからの出力を行うべきパケット (「有効パケット」という) とそうでないパケットの双方が各出力ポートへ送られることになる。そこで、いま述べたように、送られたパケットの中から有効パケットだけを選択して出力するようしている。

【0013】次に、中間出力群ポート3からの出力信号

は光バッファ部BF1に入り、以下に詳述するように、同時にある一定数以上出力されないように制御される。ここで、光バッファ部BF1は、 $(N/g)$ 個の1入力- $(L+1)$ 出力の光分配素子4、 $(N/g)$ 組の光ファイバ遅延線群であって、異なる遅延時間 $0 \sim LT$ （ $T$ は1パケットの継続時間）を持つ $(L+1)$ 本の光ファイバ遅延線から成る光ファイバ遅延線群5、 $(N/g) \times (L+1)$ 個の光ゲート6、 $(N/g)$ 個の $(L+1)$ 入力-1出力の光合流素子7、 $(N/g)$ 個の1入力- $m$ 出力の光分配素子8（ $m$ は $0 < m < N$ なる整数）、 $(N/g) \times m$ 個の高速光周波数可変選択フィルタ9、 $(N/g) \times m$ 個の光電気変換装置10から構成されている。

【0014】光バッファ部BF1では、まず光分配素子4によって $(L+1)$ 個の信号の複製が作られ、それぞれ異なる長さの光ファイバ遅延線（光ファイバ遅延線群5）へと送出される。上述したように、これらは、図中「0」で示す最短の信号経路（光ファイバ）に対して伝搬時間が $T$ 、 $2T$ 、…、 $LT$ （ $T$ は単位パケットの通過時間）だけ遅れるようになっており、それらのうちの適当な回線の光ゲート6をオンにして信号を通すことにより、適切な時間だけ信号を蓄積させることができる。そして、選択された光ファイバ遅延線の信号群だけが光合流素子7を通り、光分配素子8によって今度は $m$ 個の複製が作られる。次いで、高速光周波数可変選択フィルタ9によって、光周波数多重された中から所望の光周波数キャリアを持つ信号だけを取り出し、光電気変換装置10で電気信号へ変換する。

【0015】ここまでで、信号は、所望のルーチングのうちの $(N/g)$ 本の出力ポート群までの粗いルーティングが行われる。このとき、後段の電気パケットスイッチ11へはある特定のタイムスロットから最大で同時に $m$ 個の信号を送ることができる。そして、残りの詳細なルーティングが $(N/g)$ 個の $m$ 入力- $g$ 出力の電気パケットスイッチ11で行われて、出力ポート12（#1out, …, #gout）へ送出される。なお、電気パケットスイッチ11は、光電気変換装置10から送出されるパケットを入力して $g$ 本の出力ヘルーチングするもので、各出力からそれぞれ同時に最大1パケットを出力するようにパケットを蓄積、制御する電気バッファメモリ（図示省略）を備えている。

【0016】なお、光バッファの構成は図1に示したものに限られず、これ以外の構成であっても良い。ここではその一例を図2に示してあり、同図の光バッファはバッファ数を「2」として簡略化したものである。すなわち、図2(a)は図1の光バッファ部BF1の構成と同じものであって、1入力-2出力の光分配素子24、異なる遅延時間 $T \sim 2T$ （ $T$ は1パケットの継続時間）を持つ2本の光ファイバ遅延線25、2個の光ゲート26から構成されている。

【0017】一方、図2(b)では、図2(a)と同じ1入力-2出力の光分配素子24、2本のループ状の光ファイバ遅延線35、2個の光ゲート36、2入力2出力の光方向性結合器37が2個、2個の光ゲート38-1及び2個の光ゲート38-2で構成されている。この構成によれば、信号を光分配素子24で分配した後に、それをループ状の光ファイバ遅延線35において周回させ、必要周回数だけ回った後に出力させることによって、所望の蓄積時間を達成する方式である。

【0018】本発明では、図2(a)、図2(b)の何れの構成でも使用可能である。図2(b)に示す構成の方が機能は高度であるが、その反面、構成が複雑であるとの、経路が複雑なために信号の特性を維持するのが困難である。なお、光バッファのその他の構成例については、特願平5-186493号、特願平6-38912号、特願平6-116956号等に示されている。

【0019】〔第2実施形態〕（請求項2に対応）図3は、本実施形態による光電気複合パケットスイッチの構成を示すブロック図である。なお、図中、図1と同じ構成部品については同一の符号を付してあり、ここではその説明を省略する。また、図1と同様にして、図3では主として信号伝送路だけを示してあり、素子の制御回路等は示していない。

【0020】図1と比べた場合、本実施形態による光電気複合パケットスイッチの構成は、光バッファ部BF2における遅延線と光ゲートとの組み合わせが単一ではなく、すべてを互いに結んでいる点が異なる。これを実現するための構成として、光バッファ部BF2では、第1実施形態における光ゲート6、光合流素子7、光分配素子8の代わりに、 $(N/g) \times (L+1)$ 個の1入力- $m$ 出力の光分配素子46、 $(N/g) \times m \times (L+1)$ 個の光ゲート47、 $(N/g) \times m$ 個の $(L+1)$ 入力-1出力の光合流素子48が用いられている。

【0021】また、光のルーティングには代表的なものとして前述した3種類の方法があるが、本実施形態にあってもこれら方法のうちの何れを用いてもよい。なお、図3では、図1と同様に、光ルーティング素子2として $N$ 入力- $(N/g)$ 出力の光合流・分配素子を用い、すべての出力ポートへ信号を送った後に、必要なパケットだけを選択する方法を用いている。

【0022】次に、上記構成による光電気複合パケットスイッチの動作を説明する。まず、 $N$ 個の入力ポート1からの入力は、光ルーティング素子2によって所望の出力ポートを含む $(N/g)$ 個の中間出力群ポート3へ送出される。次に、信号は光バッファ部BF2に入り、同時にある一定数以上出力されないように制御される。すなわち、まず、光分配素子4によって $(L+1)$ 個の信号の複製が作られて、それぞれ異なる長さの光ファイバ遅延線を持つ光ファイバ遅延線群5へと送出される。これらは、図中「0」で示す最短の信号経路（光ファイバ）

に対して、伝搬時間が  $T, 2T, \dots, LT$  ( $T$  は単位パケットの通過時間) だけ遅れるようになっている。

【0023】ここで、 $(L+1)$  本の光ファイバ遅延線のそれぞれが  $m$  個の光ゲート 47 との間で個別に結ばれていることから、光バッファ部 BF2 からの  $m$  本の出力として、それぞれ独立した光ファイバ遅延線（の信号）を選択することができる。そして、光ゲート 47 で選択された信号群だけが光合流素子 48 を通り、高速光周波数可変選択フィルタ 9 において、光周波数多重された中から所望の光周波数キャリアを持つ信号だけが取り出された後に、光電気変換装置 10 で電気信号へと変換される。

【0024】ここまでで、信号は、所望のルーティングのうちの  $(N/g)$  本の出力ポート群までの粗いルーティングが行われている。このとき、後段の電気パケットスイッチ 11 へは最大で同時に  $m$  パケットまで送れるが、第 1 実施形態の場合とは異なり、複数のタイムスロットから信号を選択することができる。すなわち、本実施形態では、第 1 実施形態の場合よりも光バッファの利用効率が高いが、その反面、到来パケットの時間順序を保証して送出するための制御は複雑となる。そして、残りのルーティングは電気パケットスイッチ 11 で行われて出力ポート 12 に信号が送出される。

【0025】〔第3実施形態〕（請求項 2 に対応する他の実施形態）

図4は、本実施形態による光電気複合パケットスイッチの構成を示すブロック図である。なお、図中、図1と同じ構成部品については同一の符号を付してあり、ここではその説明を省略する。また、図1と同様にして、図3では主として信号伝送路だけを示してあり、素子の制御回路等は示していない。

【0026】さて、本実施形態による光電気複合パケットスイッチは、機能的には図3（第2実施形態）と全く同じであって、光バッファ部 BF3 の構成が異なるだけである。すなわち、第1実施形態における光分配素子 4、光ファイバ遅延線群 5、光ゲート 6、光合流素子 7、光分配素子 8 の代わりに、 $(N/g)$  個の 1 入力 -  $m$  出力の光分配素子 54、 $(N/g) \times m$  個の 1 入力 -  $(L+1)$  出力の光分配素子 55、 $(N/g) \times m$  個の光ファイバ遅延線群であって、異なる遅延時間  $0 \sim LT$  ( $T$  は 1 パケットの継続時間) を持つ  $(L+1)$  本の光ファイバ遅延線群 56、 $(N/g) \times m \times (L+1)$  個の光ゲート 57、 $(N/g) \times m$  個の  $(L+1)$  入力 - 1 出力の光合流素子 58 が用いられている。

【0027】次に、上記構成による光電気複合パケットスイッチの動作を説明する。まず、入力ポート 1、光ルーティング素子 2、中間出力群ポート 3 における光ルーティング動作はこれまでの各実施形態と同じである。次に、中間出力群ポート 3 からの信号は光バッファ部 BF3 に入り、以下に詳述するようにして、同時にある一定数以

上出力されないよう制御される。

【0028】すなわち、まず光分配素子 54 によって  $m$  個の信号の複製が作られ、それぞれが独立した光バッファ群に送られる。次に、光分配素子 55 によって信号は  $(L+1)$  個の複製に分配されて、異なる長さの光ファイバ遅延線（光ファイバ遅延線群 56）へと送出される。これらは、図中「0」で示す最短の信号経路（光ファイバ）に対して、伝搬時間が  $T, 2T, \dots, LT$  だけ遅れるようになっている。そして、光ゲート 57 をオンにすることで、これらのうちの 1 経路を有効として信号を通すようになる。光ゲート 57 を通過する信号だけが光合流素子 58 を通り、高速光周波数可変選択フィルタ 9 において、光周波数多重された中から所望の光周波数キャリアを持つ信号だけが取り出された後に、光電気変換装置 10 で電気信号へと変換される。

【0029】ここまでで、信号は、所望のルーティングのうちの  $(N/g)$  本の出力ポート群までの粗いルーティングが行われる。このとき、後段の電気パケットスイッチ 11 には最大で同時に  $m$  パケットまで送ることができるが、先程の第2実施形態と同じく、これら  $m$  パケットをそれぞれ異なるタイムスロットから選択できる。つまり本実施形態でも、第1実施形態の場合より光バッファの利用効率は高いが、その反面、到来パケットの時間順序を保証して送出するための制御は複雑となる。そして、残りのルーティングが電気パケットスイッチ 11 で行われて出力ポート 12 へ信号が送出される。

【0030】〔光電気複合パケットスイッチの特性〕次に、上記各実施形態に関して、計算により求めた光電気複合パケットスイッチの特性を示す。図5は、図1（第1実施形態）に示す構成において、使用率  $\rho = 0.8, g = 4$  とした場合における光バッファ部分の特性を示したものである。ここで、使用率とは、「（各入力回線あるいは各出力回線を流れている情報量の総和） / （各入力回線あるいは各出力回線を流れることができる最大の情報量）」として定義される。この図から分かるように、 $m = 8$  とすれば、必要なバッファ（光遅延時間）数  $L$  が 9 でパケット損失率を  $10^{-12}$  以下にでき、1 出力ポートあたりの光バッファ数は 2.25 で良い。なお、 $g = 4, m = 8$  とした場合において、異なる使用率  $\rho$  に対する特性を図6に示してある。

【0031】一方、図7は、図3（第2実施形態）又は図4（第3実施形態）に示す構成において、使用率  $\rho = 0.8, g = m$  とした場合の光バッファ部分の特性を示したグラフである。例えば  $g = m = 4$  の場合、必要なバッファ（光遅延時間）数  $L$  が 13 でパケット損失率を  $10^{-12}$  以下にできる。つまり、図3や図4に示す構成は図1の構成に比べて複雑ではあるが、その反面、 $m$  を小さく抑えることができる。

【0032】ここで、すべてを光で処理する全光パケットスイッチによりパケット損失率  $10^{-12}$  を得るために

は、単純な構成で1ポートあたり58バッファ（遅延時間）が必要となる。このように、全光パケットスイッチと比べた場合、何れの実施形態による光電気複合パケットスイッチも、必要なバッファ数を低減できている。また、本発明による光電気複合パケットスイッチの構成に必要となる電気のパケットスイッチについては、ある程度のスループットまでの技術がかなり確立されており、既に適用可能であると考えられる。

【0033】なお、上記計算によるパケット損失率の数値は以下のようにして求めている。まず、図5及び図6（第1実施形態）の場合、バッファの使用数（即ち、出力できずにバッファ内に蓄積されているパケットを所持しているバッファの総数）を各状態とした状態遷移図を構成する。図8が計算に用いた状態遷移図であって、図中、丸印が各状態を表すとともに、状態遷移を示す矢印に付与されている0, 1, 2, …, m, …gNは到来パケット数を示している。そして、それぞれの状態について状態遷移確率を求め、それらから、各状態の定常的な存在確率が収束するまで計算機で繰り返し計算させることで、各状態の存在確率が得られる。また、各状態の存在確率及び状態遷移確率より、パケット損失が起きる確率及びパケット損失率が求められる。

【0034】一方、図7（第2実施形態、第3実施形態）の場合は、複数のタイムスロットから同時にパケットを出力できるため、バッファに蓄積されているパケットの総数ごとの状態に分けた状態遷移図を構成して、それぞれ状態の状態遷移確率を求める。ここで、図9が計算に用いた状態遷移図であって、図中、状態遷移を示す矢印に付与されている0, 1, 2, …, m, …gNは到来パケット数を示している。これら状態遷移確率から、各状態の定常的な存在確率が収束するまで計算機で繰り返し計算させることで、各状態の存在確率が得られる。そして、各状態の存在確率及び状態遷移確率より、パケット損失が起きる確率及びパケット損失率が求められる。

#### 【0035】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、光ルーティング手段が、g本ずつにまとめられた出力線群のうちの所望の出力線群へ入力パケットを多重化して送出し、それぞれの出力線群について、光バッファ手段が、送出された最大N多重のパケットを有効パケットの同時送出数をm以下として逐次送出し、その後、電気ルーティング手段が、最大mまで同時送出されるパケットを任意の出力線のうちのg本の出力線へ同時に最大1パケットずつ送出する。

【0036】これにより、必要とされる光バッファ数が低減されたパケットスイッチ構成を実現することができ、電気によるパケットスイッチの性能制限を打破しつつ、光による情報記憶や論理処理の困難さを回避するこ

とが可能となって、大容量のスループットを実現できる。また、請求項2記載の発明によれば、複数のタイムスロットの中から最大m個の所望のパケットを取り出せるように光バッファ手段を構成しているので、光バッファの利用効率をさらに高められるという効果がある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施形態による光電気複合パケットの構成例を示すブロック図である。

【図2】 同実施形態による光バッファの実現例を示すブロック図である。

【図3】 本発明の第2実施形態による光電気複合パケットの構成例を示すブロック図である。

【図4】 本発明の第3実施形態による光電気複合パケットの構成例を示すブロック図である。

【図5】 図1に示す光電気複合パケットにおいて、使用率 $\rho = 0.8$ ,  $g = 4$ とした場合における光バッファ部分の特性を示すグラフである。

【図6】 図1に示す光電気複合パケットにおいて、 $g = 4$ ,  $m = 8$ における光バッファ部分の特性を示すグラフである。

【図7】 図3又は図4に示す光電気複合パケットにおいて、使用率 $\rho = 0.8$ ,  $g = m$ とした場合における光バッファ部分の特性を示すグラフである。

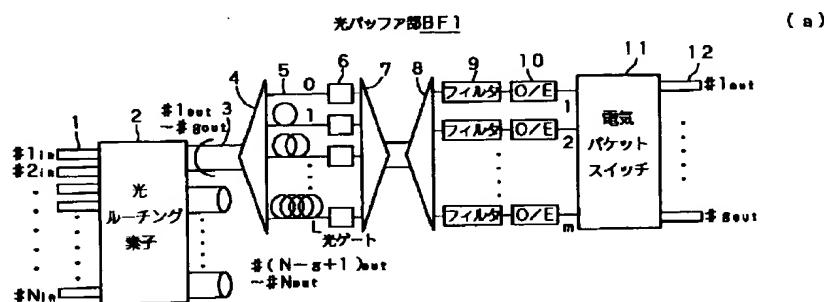
【図8】 図5及び図6に対応する計算に用いた状態遷移図であって、状態は $g$ 本ずつまとめられた光バッファ部分でのバッファの使用数（即ち、出力できずにバッファ内に蓄積されているパケットを所持しているバッファの総数）で規定されており、状態は0からバッファ数Lまである。

【図9】 図7に対応する計算に用いた状態遷移図であって、状態は $g$ 本ずつまとめられた光バッファ部分でのバッファに蓄積されたパケットの総数で規定されており、状態は0からmLまである。

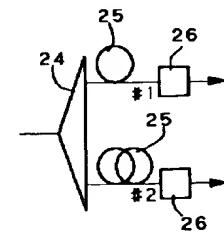
#### 【符号の説明】

- 1 入力ポート
- 2 光ルーティング素子
- 3 中間出力群ポート
- 4, 8, 24, 46, 54, 55 光分配素子
- 5, 56 光ファイバ遅延線群
- 6, 26, 36, 38-1, 38-2, 47, 57 光ゲート
- 7, 48, 58 光合流素子
- 9 高速光周波数可変選択フィルタ
- 10 光電気変換装置
- 11 電気パケットスイッチ
- 12 出力ポート
- 25, 35 光ファイバ遅延線
- 37 光方向性結合器
- B F 1, B F 2, B F 3 光バッファ部

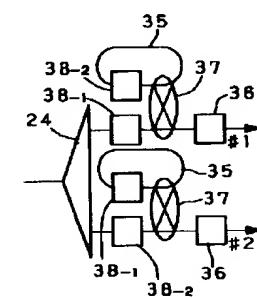
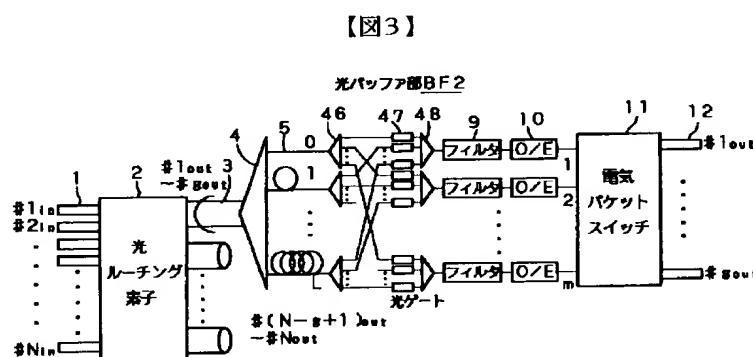
【図1】



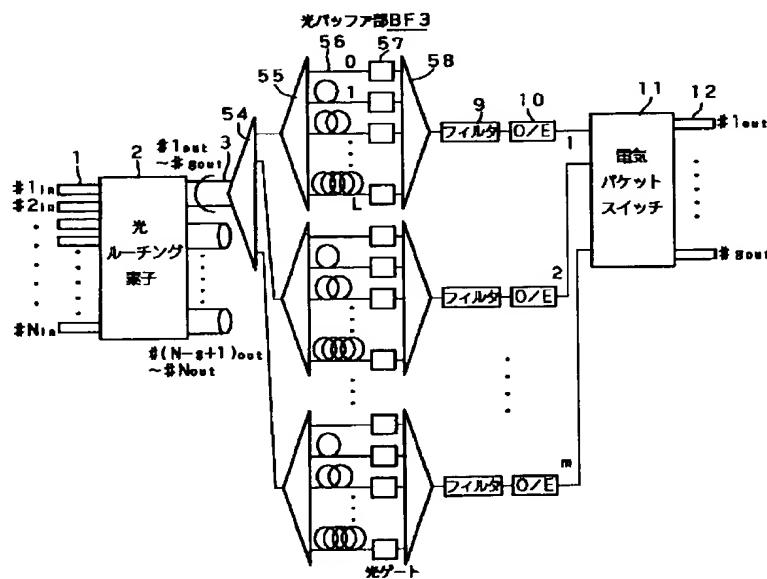
【図2】



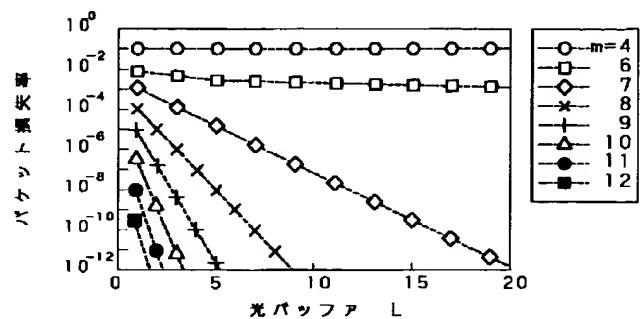
(b)



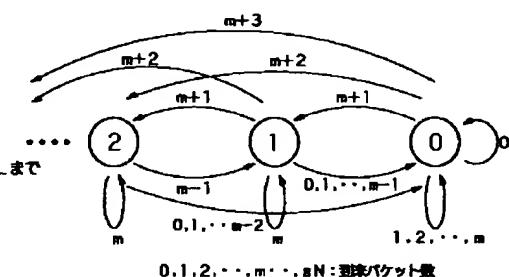
【図4】



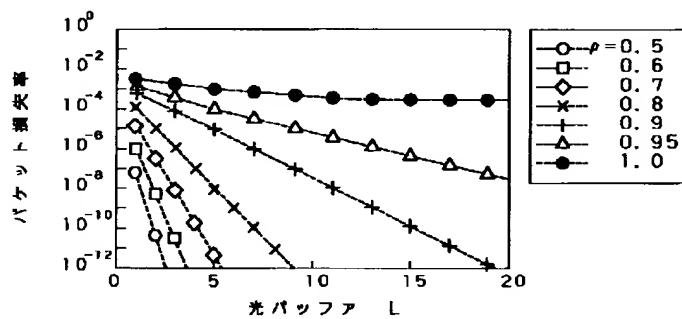
【図5】



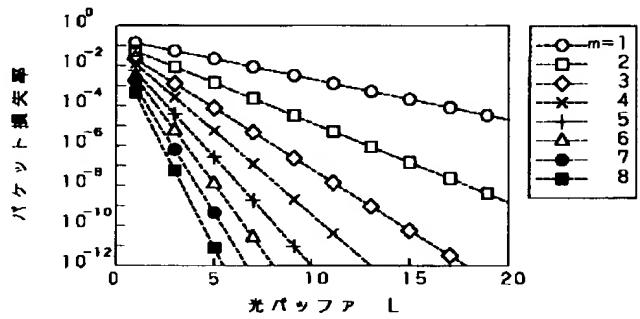
【図8】



【図6】



【図7】



【図9】

